

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
15 janvier 2004 (15.01.2004)

PCT

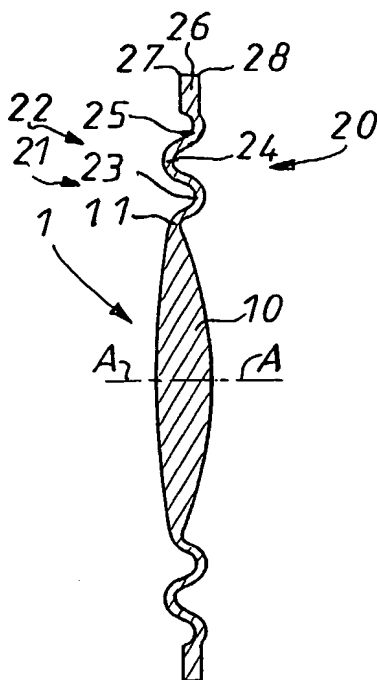
(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/004606 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : A61F 2/16 (74) Mandataire : SANTARELLI; 14, avenue de la Grande Armée, B.P. 237, F-75822 Paris cedex 17 (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/002021 (81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) Date de dépôt international : 30 juin 2003 (30.06.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 02/08338 3 juillet 2002 (03.07.2002) FR (84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : IOLTECHNOLOGIE-PRODUCTION [FR/FR]; 10 avenue Paul Langevin, F-17180 Perigny (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : MALE-CAZE, François [FR/FR]; 3, rue Alexandre Fourtanier, F-31000 Toulouse (FR).
- Publiée :
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ACCOMMODATIVE INTRAOCULAR LENS

(54) Titre : LENTILLE INTRAOCULAIRE ACCOMMODATIVE



(57) Abstract: The invention concerns an accommodative intraocular lens for capsular bag comprising a central optical part and a peripheral haptic part, the optic part having an forward position for accommodation and a rest position for far vision. The invention is characterized in that the haptic part (20) comprises a radially extending zone for displacing the optic part (10) towards the forward position. The radially extending zone (21) may include a gusset (22) with at least one crimp and/or made of a more flexible material than the remainder of the haptic part.

(57) Abrégé : Une lentille intraoculaire accommodative pour sac capsulaire est décrite comprenant une partie optique centrale et une partie haptique périphérique la partie optique ayant une position avancée d'accommodation et une position de repos pour la vision de loin, caractérisée en ce que la partie haptique 20 comporte une zone d'expansion radiale permettant le déplacement de la partie optique 10 vers la position avancée. La zone d'expansion radiale 21 peut comporter un soufflet 22 avec au moins une ondulation et/ou réalisée en un matériau plus souple que celui du reste de la partie haptique.



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Lentille intraoculaire accommodative

La présente invention concerne des lentilles intraoculaires, appelées également implants intraoculaires, destinées à remplacer le cristallin atteint de cataracte, après son ablation et plus particulièrement des lentilles intraoculaires accommodatives.

Le cristallin intact permet à l'individu de voir de près ou de loin grâce au mécanisme de l'accommodation. L'accommodation est liée à la variation de la forme du cristallin par la contraction du muscle ciliaire. Ce mécanisme reste mal connu.

Selon la théorie de Helmholtz la plus largement admise, lors de l'accommodation, la contraction du muscle ciliaire entraîne la relaxation des fibres zonulaires attachées à l'équateur du sac capsulaire du cristallin. Cette relaxation permet au cristallin de se bomber, le rayon de courbure de la face antérieure et de la face postérieure diminuant, augmentant ainsi la puissance ou vergence du cristallin. De même, lors de l'accommodation, la face antérieure du cristallin se déplace en avant vers la cornée sous la poussée vitrénne provoquée par une augmentation de pression.

D'autres théories du mécanisme d'accommodation existent. Selon celle de Schachar, en contradiction avec celle de Helmholtz, la contraction du muscle ciliaire mettrait en tension la zonule qui exercerait une traction au niveau de l'équateur et serait responsable de la déformation de la partie centrale du cristallin.

De même, le rôle du vitré lors de l'accommodation est controversé. Selon certains, le vitré s'opposerait à la modification de la forme de la face postérieure du cristallin pendant l'accommodation mais contribuerait à l'avancée du cristallin en direction de la cornée.

Par ailleurs, la presbytie diminue la capacité d'accommodation du cristallin naturel. Plusieurs études concordantes montrent que la contraction du muscle ciliaire est au moins partiellement conservée lorsqu'un individu est atteint de presbytie.

L'ablation du cristallin est le plus souvent effectuée par une capsulotomie du feuillet ou capsule antérieure du sac capsulaire, suivie par une phaco-émulsification du cristallin et le nettoyage du site. Dans un deuxième temps,

l'implant est introduit à l'intérieur de ce qui reste du sac capsulaire, à savoir la capsule postérieure ainsi que la partie annulaire périphérique restante de la capsule antérieure. La cinétique naturelle de l'accommodation est affectée par la capsulotomie, l'extraction du cristallin et dans une moindre mesure, par l'implantation d'une lentille intraoculaire.

Toutefois, des lentilles intraoculaires accommodatives ont été conçues pour pouvoir profiter des forces subsistantes dans un œil pseudo-phake, c'est-à-dire après extraction du cristallin et implantation d'une lentille intraoculaire. De telles lentilles intraoculaires accommodatives n'ont pas donné entière satisfaction, notamment du fait du déplacement dans le sens postéro-antérieur était insuffisant sous les conditions de la néo-cinétique du sac capsulaire d'un œil pseudo-phake.

Le document WO 97/43984 décrit une lentille intraoculaire avec une région intermédiaire élastiquement déformable pour modifier l'angle d'inclinaison de cette zone par rapport au plan normal à l'axe optique de la lentille et donc une accommodation insuffisante. Il en est également ainsi dans le document WO 01/60286 où une lentille intraoculaire est associée à une semelle par l'intermédiaire d'une charnière.

La présente invention vise à pallier les inconvénients rappelés ci-dessus. Elle a également pour objet une nouvelle lentille intraoculaire accommodative apte à mieux mettre à profit la néo-cinétique du sac capsulaire d'un œil pseudo-phake et notamment l'hyper-pression vitréenne. En effet, la contraction du muscle ciliaire qui est à l'origine du mécanisme accommodatif induit une augmentation de la pression vitréenne. Le vitré est enveloppé par la sclère qui n'est sensiblement pas déformable et par la capsule postérieure qui se déforme sous l'augmentation de la pression vitréenne. Selon l'étude du Dr. Coleman ("On the hydraulic suspension theory of accommodation" Tr. Am. Opht. Soc. Vol. 84, 1986), la variation de pression vitréenne chez le primate lors de l'accommodation se situe entre 2 et 10 cm d'eau, c'est-à-dire entre environ 200 Pa et 1000 Pa. De telles variations de pression permettraient un déplacement dans le sens postéro-antérieur entre environ 0,5 et 2 mm, c'est-à-dire un mouvement suffisant pour une bonne accommodation par une lentille intraoculaire.

La néo-cinétique comprend également le déplacement de l'apex du muscle ciliaire et de l'équateur du sac cristallin à la fois radialement vers l'axe optique de l'œil et antérieurement. Un objet de la présente invention est de mettre à profit ce déplacement conjoint et linéaire de l'apex du muscle ciliaire et de l'équateur du sac cristallin pour induire l'accommodation d'une lentille intraoculaire.

Selon la présente invention, il est prévu une lentille intraoculaire accommodative pour sac capsulaire comprenant une partie optique centrale et une partie haptique périphérique, la partie optique ayant une position avancée d'accommodation et une position de repos pour la vision de loin, caractérisée en ce que la partie haptique comporte une zone d'expansion radiale permettant le déplacement de la partie optique vers la position avancée.

Cette zone est située en pratique entre le bord périphérique de la partie optique et celui de la partie haptique. Elle peut s'étendre sur tout ou partie de l'étendue radiale entre le bord périphérique de l'optique et le bord périphérique de l'haptique. Son étendue circonférentielle sera de préférence la même que l'étendue circonférentielle de la partie haptique où elle est située.

Le potentiel d'élongation de la zone d'expansion radiale déterminé entre un point de la périphérie de la partie optique et un point de la périphérie de la partie haptique sur le même rayon est entre 0,2 mm et 1,6 mm. Ce potentiel d'élongation de la zone d'expansion radiale permet un déplacement axial de la partie optique entre 0,8 mm et 2,0 mm pour assurer une bonne accommodation pour la vision de près. L'élasticité de la zone d'expansion radiale dans la position avancée d'accommodation assure le retour de la partie optique à la position de repos pour la vision de loin. Selon une forme de réalisation préférée, cette zone d'expansion radiale comprend un soufflet. En d'autres termes, cette zone d'expansion radiale comporte au moins une ondulation et est sensiblement annulaire ou circonférentielle, éventuellement interrompue par une pluralité d'encoches radiales s'ouvrant à la périphérie de la partie haptique pour privilégier le déplacement postéro-antérieur ou interrompue par des intervalles entre les bras radiaux constituant autant d'éléments haptiques s'étendant entre le bord périphérique de la partie optique et celui de la partie haptique.

Selon une forme de réalisation préférée, le soufflet comprend au moins deux ondulations, l'une s'ouvrant antérieurement et l'autre postérieurement, de préférence celle s'ouvrant antérieurement étant aménagée à la périphérie de la partie optique.

5 Selon une forme de réalisation, le bord périphérique de la partie haptique a deux angles carrés postérieur et antérieur.

Selon une autre forme de réalisation, la partie haptique comprend une gouttière périphérique qui assure l'écartement parallèlement à l'axe optique entre le reste de la capsule antérieure et la capsule postérieure d'un œil pseudo-phake.

10 Selon une autre forme de réalisation, la zone d'expansion radiale est réalisée en un matériau moins rigide, et de ce fait constitue une zone plus souple de sorte que l'élongation résulte de l'étirement de ce matériau plus élastique. Par ailleurs, le soufflet peut être réalisé au moins en partie en un matériau ayant une élasticité plus élevée, de sorte que l'élongation résulte à la fois de l'aplatissement
15 des ondulations ou du soufflet et de l'étirement de la partie réalisée en matériau ayant une élasticité plus élevée.

Selon une forme de réalisation préférée, la partie haptique comporte au moins deux éléments haptiques, chacun avec une zone d'expansion radiale comprenant un soufflet ou une ou plusieurs ondulations et/ou réalisée en un
20 matériau ayant une élasticité plus élevée. De préférence, ces éléments haptiques ont une étendue circonférentielle à leur périphérie plus grande que leur étendue circonférentielle à la zone de jonction avec la partie optique.

Les caractéristiques et les avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre à titre d'exemple en référence aux dessins
25 annexés:

- la figure 1 est une vue en section suivant la ligne I-I de la figure 2 d'une lentille intraoculaire accommodative selon une première forme de réalisation de la présente invention ;

- la figure 2 est une vue avant de la lentille intraoculaire de la figure 1 ;

30 - la figure 3 est une vue en section suivant la ligne III-III de la figure 4, selon une deuxième forme de réalisation ;

- la figure 4 est une vue avant de la lentille intraoculaire de la figure 3 ;

- la figure 5 est une vue en section suivant la ligne V-V de la figure 6 selon une troisième forme de réalisation ;

- la figure 6 est une vue avant de la lentille intraoculaire de la figure 5 ;

5 - la figure 7 est une vue en section de la lentille intraoculaire accommodative des figures 1 et 2 pour illustrer l'élongation de la zone d'expansion radiale de la partie haptique en trait plein par rapport à la configuration au repos en trait mixte ;

10 - la figure 8 est une vue en section de la lentille intraoculaire accommodative des figures 3 et 4 pour illustrer l'élongation de la zone d'expansion radiale de la partie haptique en trait plein par rapport à la configuration au repos en trait mixte ;

15 - la figure 9 est une vue en section de la lentille intraoculaire accommodative des figures 5 et 6 pour illustrer l'élongation de la zone d'expansion radiale, de la partie haptique en trait plein par rapport à la configuration au repos en trait mixte ;

- les figures 10 et 11 représentent la lentille intraoculaire de la figure 1 implantée dans l'œil et respectivement en position de repos et d'accommodation ;

- les figures 12 et 13 représentent la lentille intraoculaire de la figure 3 implantée dans l'œil et respectivement en position de repos et d'accommodation ;

20 - les figures 14 et 15 représentent la lentille intraoculaire de la figure 5 implantée dans l'œil, et respectivement en position de repos et d'accommodation ;

25 - la figure 16 est une vue avant analogue à la figure 2 pour une variante de la première forme de réalisation où la partie haptique comporte une pluralité d'encoches radiales ;

- la figure 17 est une vue analogue à la figure 2 pour une deuxième variante de la première forme de réalisation, où la partie haptique comporte une pluralité de bossages le long de la circonférence destinée à être situés en regard de l'équateur du sac capsulaire ;

30 - la figure 18 est une vue avant analogue à la figure 6 pour une variante de la troisième forme de réalisation où la partie haptique comporte deux éléments haptiques à soufflets ;

- la figure 19 est une vue analogue à celle de la figure 1 pour une autre variante de la lentille intraoculaire accommodative ;

- la figure 20 est une vue avant de la lentille intraoculaire de la figure 19;

- la figure 21 est une vue en section suivant la ligne XXI-XXI de la figure 22 d'une lentille intraoculaire accommodative selon une forme de réalisation préférée; et

- la figure 22 est une vue avant de la lentille intraoculaire de la figure 21.

Dans la forme de réalisation des figures 1 et 2, la lentille intraoculaire accommodative 1 comprend une partie optique centrale 10 ayant un axe optique A-A et une partie haptique périphérique 20 s'étendant circonférentiellement autour de la partie optique. De préférence, la lentille intraoculaire est réalisée entièrement ou partiellement en matériau souple, tel qu'un acrylique hydrophile ou poly-HEMA. Toutefois, tout autre matériau souple utilisé pour la réalisation de lentilles intraoculaires peut être adopté. Tel qu'illustré, la partie optique 10 est biconvexe. Elle peut avoir d'autres formes, notamment plan-convexe, voire concave-convexe. De préférence, la face postérieure de la partie optique sera convexe et conformée pour épouser la région centrale de la capsule postérieure et ainsi assurer une bonne transmission de l'hyper-pression vitréenne.

Le bord périphérique de la partie optique peut éventuellement être muni d'une arête annulaire vive et saillante postérieure pour diminuer la migration de cellules épithéliales entre la partie optique et la capsule postérieure.

La partie haptique 20 comporte selon l'invention une zone d'expansion radiale 21. Dans cette première forme de réalisation, la zone d'expansion radiale 21 est constituée d'un soufflet 22 ou une ou plusieurs ondulations dont la première ondulation 23 s'ouvre antérieurement et est située à la proximité immédiate de la périphérie 11 de la partie optique 10. Cette première ondulation annulaire 23 est entourée par une deuxième ondulation annulaire 24 s'ouvrant postérieurement qui est entourée par une troisième ondulation annulaire 25 s'ouvrant antérieurement. Dans cette forme de réalisation, les deux premières ondulations ont sensiblement la même configuration, bien que s'étendant en sens inverse, alors que la troisième ondulation 25 a une largeur radiale réduite par rapport aux deux autres ondulations. Dans cette forme de réalisation, le soufflet 22 a une forme sensiblement sinusoïdale à partir de la périphérie 11 de la partie

optique jusqu'au bord périphérique 26. Dans une variante non illustrée, le soufflet peut avoir une forme davantage en dents de scie.

Selon une autre variante non illustrée, la troisième ondulation est remplacée au moins en partie par une zone annulaire sensiblement plane en continuité avec le bord périphérique 26. Le bord périphérique 26 est de préférence annulaire et continu. Il a une section sensiblement rectangulaire, de dimension radiale, par exemple 0,6 mm, plus importante que sa dimension axiale, par exemple 0,3 mm. La tranche externe du bord périphérique 26 a une arête ou angle carré antérieur 27 et une arête ou angle carré postérieur(e) 28. De préférence, la zone d'expansion radiale 21 formant le soufflet 22 ou comportant une ou plusieurs ondulations a une épaisseur sensiblement constante de la périphérie de l'optique 11 jusqu'au bord périphérique 26. La profondeur des deux premières ondulations de même profondeur et environ entre 0,40 et 0,70 mm et l'angle d'ouverture entre environ 50 et 70°.

Selon une deuxième forme de réalisation préférée illustrée aux figures 21 et 22, la partie haptique 20 comporte deux éléments haptiques 20F s'étendant dans les sens opposés à partir du bord périphérique 11F de la partie optique 10F. Chacun de ces éléments haptiques 20F a sensiblement la même section radiale que celle de la partie haptique 20 des figures de réalisation des figures 1 et 2. Les parties correspondantes sont désignées par les mêmes références numériques complétées par la lettre F. L'étendue circonférentielle de chaque élément haptique 20F est plus grande au bord périphérique 26F de la partie haptique 20 que l'étendue circonférentielle de l'élément haptique 20F à la zone de jonction avec la partie optique 10F de façon à faciliter la déformation vers l'avant. De préférence, chacun de ces éléments haptiques a une étendue angulaire de 90°, de sorte que les intervalles définis par les bords latéraux opposés des deux éléments haptiques ont également une étendue angulaire de 90°. Avec une telle forme de réalisation, le chirurgien peut, après implantation, accéder au site à travers des intervalles 29F ménagés entre les éléments haptiques 20F pour le nettoyer au-delà de l'implant dans la chambre postérieure.

La partie haptique 20F d'une telle forme de réalisation sera plus souple que la partie haptique 20A de la première forme de réalisation puisque la partie

haptique est divisée en deux éléments haptiques 20F d'une étendue circonférentielle réduite. Cette souplesse accrue, notamment dans la zone d'expansion radiale 21F, va en augmentant de la périphérie de la partie haptique vers la périphérie de la partie optique grâce à l'orientation des bords latéraux des éléments haptiques tout en permettant un bon maintien de la partie haptique dans le sac capsulaire grâce à l'étendue circonférentielle de ces éléments haptiques au niveau du bord périphérique.

Au moins la majeure partie des bords latéraux 29F de ces éléments haptiques 20F est sensiblement radiale. En effet, telle qu'illustrée, la portion des bords latéraux correspondant à la zone de jonction de chaque élément haptique 20F est légèrement évasée à l'approche de la partie optique 10F. De même, un ou plusieurs de ces bords latéraux peu(ven)t être muni(s) d'une encoche comme repère pour s'assurer que l'implant est dans le bon sens.

Le diamètre hors tout d'une telle lentille intraoculaire est de préférence légèrement supérieur au diamètre du sac capsulaire au niveau de l'équateur.

Selon une variante non illustrée de cette forme de réalisation, la partie haptique comporte trois, voire quatre, éléments haptiques de même forme générale que les éléments haptiques de la forme de réalisation des figures 21 et 22 dont l'étendue circonférentielle et les intervalles entre les éléments haptiques seront réduits proportionnellement.

Selon une variante de cette deuxième forme de réalisation des figures 21 et 22, illustrée à la figure 18, la partie haptique 20 comporte deux éléments haptiques 20C s'étendant dans les sens opposés à partir du bord périphérique 11C de la partie optique 10C. Chacun de ces éléments haptiques 20C a la même section radiale que celle de la partie haptique 20 de la forme de réalisation des figures 1 et 2. Les parties correspondantes sont désignées par les mêmes références numériques complétées par la lettre C.

Selon une variante de la première forme de réalisation des figures 1 et 2, illustrée à la figure 16, la partie haptique 20 présente une pluralité d'encoches 27A disposées symétriquement autour de l'axe optique A-A de l'implant selon cette variante. Les parties correspondantes de la forme de réalisation des figures 1 et 2 sont désignées par les mêmes numéros de référence complétés par la lettre A. Les encoches traversent partiellement ou totalement la ou les

ondulations annulaires. De manière préférée, la partie haptique 20 est pourvue de quatre encoches 27A disposées à 90° les unes par rapport aux autres autour de l'axe optique. Chacune de ces encoches 27A comporte une extrémité intérieure fermée et arrondie 28A de préférence semi-circulaire à environ 1 mm du bord de la périphérie 11A de la partie optique 10 et des bords rectilignes opposés et parallèles 29A s'étendant de l'extrémité arrondie dans une direction plus ou moins radiale et jusqu'au bord périphérique 26A de la partie haptique 20.

Selon une autre variante de la première forme de réalisation des figures 1 et 2, la partie haptique 20 comporte une pluralité de bras radiaux et trois bras 20D, tel qu'illustré sur les figures 19 et 20, chacun de ces bras s'étendant dans un sens radial entre le bord périphérique 11D de la partie optique 10 vers le bord périphérique 26D de la partie haptique 20. Chacun des bras radiaux 20D a la même section radiale que la partie haptique 20, les parties correspondantes de la forme de réalisation des figures 1 et 2 comportant les mêmes numéros de référence, complétées par la lettre D. Dans cette variante, les bras haptiques 20D ont une largeur circonférentielle plus importante à la jonction avec le bord périphérique 26D qu'avec le bord périphérique de la partie optique 11D. Tel qu'illustré, ces bras radiaux ont un angle au centre de 60°. De même, les intervalles entre les bras radiaux ont le même angle au centre. L'angle au centre des bras radiaux est de préférence entre 40 et 80°. Par ailleurs, les bords latéraux des bras radiaux peuvent être parallèles l'un par rapport à l'autre. En tout cas, la largeur de chacun des bras devrait être égale ou supérieure à 1 mm. Egalement dans cette forme de réalisation des figures 19 et 20, le chirurgien peut, après implantation, accéder au site à travers les intervalles à contour fermé 29 ménagés entre les bras radiaux 20D.

Tel qu'illustré de manière schématique à la figure 7 pour les première et deuxième formes de réalisation, l'étendue L1 de la partie haptique 20 entre la périphérie 11 de la partie optique et le bord périphérique 26 de la zone d'expansion radiale 21 à l'état de repos est de l'ordre de 2,5 à 3,0 mm et en tout cas sensiblement inférieure à l'étendue L2 de la partie haptique 20 entre la périphérie 11 de la partie optique et le bord périphérique 26 de la zone d'expansion radiale 21 à l'état d'allongement qui est de l'ordre de 3 à 4 mm après

réduction ou élimination des ondulations. Il en est de même pour les variantes de ces formes de réalisation. .

La lentille intraoculaire accommodative 1 de la première forme de réalisation des figures 1 et 2 et de la seconde forme de réalisation des figures 21 et 22 ainsi que leurs variantes est représentée sur les figures 10 et 11 implantée dans un sac capsulaire SC après ablation et phaco-émulsification du cristallin et nettoyage du site. Elle peut être introduite à travers une incision scléro-cornéenne de petite taille lorsque la partie optique et la partie haptique sont réalisées au moins partiellement en matériau souple, tel qu'un acrylique ou silicone hydrophile poly-HEMA. Un tel implant peut être plié ou enroulé pour passer à travers une telle incision avant d'être déployé dans la chambre postérieure de l'œil aphake. Tout dispositif de pliage ou d'injection peut être utilisé, et notamment un injecteur. Dans la position de repos pour la vision de loin, représentée sur la figure 11, la tranche externe 20 du bord périphérique 26 est en contact par ses arêtes ou angles carrés antérieur 27 et postérieur 28 avec le sac capsulaire. Les angles carrés sont destinés à limiter ou inhiber la prolifération des cellules épithéliales, notamment sur la capsule postérieure et qui est responsable de l'opacification de celle-ci appelée cataracte secondaire, nécessitant une intervention par laser YAG. Dans cette position, la zone d'expansion radiale 21 sera normalement sous pré-contrainte, étant donné que le diamètre hors tout de l'implant est légèrement supérieur au diamètre du sac capsulaire SC au niveau de l'équateur. Tel qu'illustré, le centre de la face postérieure convexe de la partie optique 10 est en contact avec et épouse la capsule postérieure CP, de sorte que la transmission de la pression vitréenne soit maximale et immédiatement appliquée à la partie optique lors de la pseudo-accommodation de l'œil.

Pour la vision de près, la combinaison de la pression vitréenne agissant dans la région centrale correspondante de la partie optique et concomitant avec le déplacement de l'apex du muscle ciliaire et de l'équateur du sac capsulaire à la fois radialement vers le centre et axialement vers l'avant favorise le déplacement de la partie optique 10 vers la position avancée d'accommodation, tel qu'illustré à la figure 11. Par l'application de l'hyper-pression vitréenne et le déplacement de l'apex du muscle ciliaire, la zone d'expansion radiale 21 est étirée et, partant, les

ondulations 23, 24 et 25 du soufflet 22 sont aplaties, voire éliminées lorsque la partie optique est dans la position d'accommodation maximale. Ainsi, la zone d'expansion radiale 21 adopte une forme globalement tronconique. Il va de soi que si l'hyper-pression vitrénne était inférieure à environ 200 Pa, il subsisterait une ou plusieurs ondulations partiellement aplaties.

Pour la vision de loin, l'apex du muscle ciliaire et l'équateur ont une cinétique inverse, et l'hyper-pression vitrénne retombe à la pression vitrénne de repos, réduisant ainsi les forces agissant à la fois sur le bord périphérique 29 et sur la partie optique 10. Ainsi, la partie haptique 20 retrouve sa configuration de repos, grâce au retour de la zone d'expansion radiale à sa position initiale, tel qu'illustré à la figure 10. Dans la position de repos la partie optique sera de préférence légèrement en avant du, ou éventuellement dans, le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par le milieu de la zone de contact du bord périphérique de la partie haptique avec le sac capsulaire. Les variantes de cette forme de réalisation ont le même mode de fonctionnement que celui qui vient d'être décrit.

Les figures 3 et 4 représentent une lentille intraoculaire accommodative selon la troisième forme de réalisation. Elle comprend une partie optique 30 et une partie haptique 40. La partie optique 30 illustrée a une forme biconvexe mais peut avoir d'autres formes, comme déjà indiqué.

La partie haptique 40, selon la forme de réalisation des figures 3 et 4, présente une zone d'expansion 41 comprenant un soufflet annulaire 42 ayant deux ondulations annulaires 43 et 44. La première ondulation 43 est située à proximité immédiate de la périphérie 31 de la partie optique 30 et s'ouvre antérieurement. La seconde ondulation 44 s'étend circonférentiellement autour de la première ondulation et s'ouvre postérieurement. Tel qu'illustré, dans la forme préférée, le soufflet 42 est sensiblement sinusoïdal en section radiale. Toutefois, la seconde ondulation est plus profonde et plus large que la première.

De préférence, la profondeur de la première ondulation se situe entre 0,40 et 0,70 mm et celle de la seconde ondulation est entre 0,6 et 1,0 mm. L'angle d'ouverture de la première ondulation 43 est entre 50° et 70° et celui de la seconde ondulation 44 est entre 50 et 70°. L'épaisseur de la partie haptique 40 dans la zone d'expansion sous forme de soufflet est de l'ordre de 0,15 mm et

celle de la partie haptique dans la zone périphérique de 0,3 mm. La partie haptique 40 comporte une gouttière annulaire périphérique 46. L'épaisseur de la partie haptique 40 dans la zone comportant la gouttière périphérique est sensiblement plus grande que celle dans la zone comportant le soufflet 42 et donc elle est sensiblement plus rigide que la zone d'expansion radiale 41. La gouttière 46 a une surface antérieure concave 48 et une surface postérieure convexe 49 qui sont sensiblement concentriques. La gouttière a un angle au centre compris entre 90 et 180°, et plus particulièrement de l'ordre de 150°. La gouttière périphérique a une largeur maximale dans le sens axial entre 0,5 et 1,5 mm. Le plan perpendiculaire à l'axe optique A-A de la partie optique 30 dans la zone de plus grand diamètre de la gouttière passe par la périphérie 31 de la partie optique 30 ou est légèrement décalée en avant de la périphérie. Une fois implantée, la zone de plus grand diamètre de la gouttière se trouve alignée avec l'équateur du sac capsulaire SC.

Selon la troisième forme de réalisation des figures 3 et 4, la partie haptique 40 s'étend tout autour de la partie optique 30 et est annulairement continue.

Tel qu'illustré de manière schématique à la figure 8, l'étendue L3 de la partie haptique 40 entre la périphérie 31 de la partie optique et le bord périphérique 46 de la zone d'expansion radiale 41 à l'état de repos est de l'ordre de 2,4 à 2,8 mm et en tout cas sensiblement inférieure à l'étendue L4 de la partie haptique 40 entre la périphérie 31 de la partie optique et le bord périphérique 46 de la zone d'expansion radiale 41 à l'état d'allongement est de l'ordre de 3 à 4 mm, après réduction ou élimination des ondulations.

Selon une variante de cette troisième forme de réalisation illustrée à la figure 17, la surface postérieure 47B de la gouttière est munie d'une pluralité de bossages ou saillies 49B de préférence de forme arrondie. Ces bossages ou saillies coopèrent avec le sac capsulaire à l'équateur. Ces bossages sont de nature à éviter la formation de plis transversaux ou radiaux, ou les diminuer, entre la périphérie de la partie optique 30 et la gouttière de la partie haptique 40 lors de la contraction de la périphérie de l'haptique pour la vision de près.

Sur les figures 12 et 13, l'implant des figures 3 et 4 est représenté implanté dans un sac capsulaire SC, respectivement dans la position de repos pour la vision de loin et en position d'accommodation maximum. Le choix de matériaux

sera le même que pour la forme de réalisation des figures 1 et 2 et son procédé d'implantation est également le même.

Dans la position de repos pour la vision de loin de la troisième forme de réalisation, représentée sur la figure 12, la surface postérieure convexe 47 de la gouttière 46 est en contact avec le sac capsulaire au regard de la zone équatoriale des zonules Z. La complémentarité de cette surface postérieure convexe et celle de la partie correspondante du sac capsulaire constitue une barrière à la migration des cellules épithéliales vers le centre de la capsule postérieure CP et assure un bon écartement entre les feuillets antérieurs et postérieurs du sac capsulaire restaurant ainsi la terminaison en éventail de la zonule sur l'équateur du sac cristallin d'un œil phake.

Le fonctionnement de cette lentille intraoculaire accommodative, selon la troisième forme de réalisation, est par ailleurs sensiblement le même que celui décrit en rapport avec la première forme de réalisation. En effet, lors de l'avancée de la partie optique pour l'accommodation, la profondeur des ondulations diminue, voire disparaît, la partie haptique adoptant progressivement une forme sensiblement tronconique entre la périphérie de la partie optique et la gouttière.

Les figures 5 et 6 représentent une lentille intraoculaire accommodative 3 selon la quatrième forme de réalisation. Elle comprend une partie optique 50 et une partie haptique 60. La partie optique 50 illustrée a une forme biconvexe. D'autres formes d'optiques peuvent être adoptées.

La partie haptique 60, selon la forme de réalisation des figures 5 et 6, présente une zone annulaire et sensiblement plane s'étendant entre la périphérie 51 de la partie optique 50 et un bord périphérique 66 à angles carrés 67, 68. Dans cette forme de réalisation, la zone d'expansion radiale 61 est annulaire et constituée au moins en partie de la zone annulaire entre la périphérie 51 de la partie optique et le bord périphérique 66 et est réalisée en un matériau moins rigide et donc avec une élasticité plus élevée. Elle est susceptible de s'allonger du passage de la position de repos à la position d'accommodation, tout en assurant par son élasticité inhérente, le retour de la partie optique à la position de repos lorsque l'hyper-pression vitrénne et la position de l'apex du muscle ciliaire reviennent à leur position initiale. Dans la position de repos, la partie optique est de préférence légèrement en avant, ou éventuellement dans un plan

perpendiculaire à l'axe optique passant par le milieu de la zone de contact du bord périphérique de la partie haptique avec le sac capsulaire.

Selon des variantes non illustrées de cette quatrième forme de réalisation, la partie haptique 60 peut comporter deux éléments haptiques du type illustré à la figure 18 ou aux figures 21 et 22, disposés comme ceux illustrés à la figure 18.

Selon une autre variante non illustrée de cette quatrième forme de réalisation, la zone annulaire plane est remplacée partiellement ou entièrement par un soufflet tel qu'illustré aux figures 1 et 2 ou aux figures 3 et 4. Tout ou partie d'un tel soufflet est donc réalisé en un matériau moins rigide et donc plus élastique que celui du bord périphérique, de sorte que l'expansion est obtenue en partie par la réduction de la profondeur ou l'élimination des ondulations, et en partie par l'élongation de la zone réalisée dans le matériau ayant une élasticité supérieure.

Un implant bi-matériaux selon cette quatrième forme de réalisation est de préférence réalisé par modification des caractéristiques chimiques et structurales du matériau de départ, tel que par exemple celui décrit dans la demande de brevet français publiée sous le N° 2.779.940. Il va de soi que tout autre matériau ou combinaison de matériaux peuvent être adoptés, à condition de respecter la géométrie et les fonctionnalités de l'implant selon la présente invention. Tel qu'illustré de manière schématique à la figure 9 pour cette forme de réalisation, l'étendue L5 de la partie haptique 60 entre la périphérie 51 de la partie optique et le bord périphérique 66 de la zone d'expansion radiale 61 à l'état de repos est de l'ordre de 2,4 à 2,8 mm et en tout cas sensiblement inférieure à l'étendue L6 de la partie haptique 60 entre la périphérie 51 de la partie optique et le bord périphérique 66 de la zone d'expansion radiale 61 à l'état d'allongement est de l'ordre de 3 à 4 mm.

L'implant des figures 5 et 6 ainsi que ses variantes sont représentés implantés dans un sac capsulaire, tel qu'illustré aux figures 14 et 15, respectivement, dans la position de repos pour la vision de loin et en position d'accommodation maximum. Le procédé d'implantation proprement dit sera le même que celui déjà décrit en rapport avec la première forme de réalisation.

Dans la position de repos pour la vision de loin, représentée sur la figure 15, le bord 66 est en contact par ses angles carrés 67, 68, antérieur et postérieur

du type déjà décrit en rapport avec la première forme de réalisation et ayant les mêmes fonctions

Le fonctionnement de cette lentille intraoculaire accommodative, selon la troisième forme de réalisation, est sensiblement le même que celui décrit en rapport avec les autres formes de réalisation. En effet, lors de l'avancée de la partie optique pour l'accommodation, la zone d'expansion radiale est étirée de sorte que la distance entre la périphérie 51 de la partie optique 50 et le bord périphérique 66 de la partie haptique 60 s'allonge. Si la zone d'expansion radiale comporte, selon les variantes de cette forme de réalisation, une ou plusieurs ondulations, celles-ci diminuent progressivement, voire disparaissent, lorsque la partie optique atteint sa position d'accommodation maximale. Dans cette position, la partie annulaire 66 adopte une forme sensiblement tronconique entre la périphérie de la partie optique et le bord périphérique. La combinaison du soufflet d'une part et d'un matériau ayant une élasticité plus élevée autorise un déplacement axial d'accommodation plus important.

Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux formes de réalisation décrites et représentées, mais englobe toute autre variante d'exécution. Par exemple, des ondulations dans les parties haptiques sont de préférence de forme sinusoïdale mais d'autres formes peuvent convenir. De même, l'épaisseur de la zone d'expansion radiale peut être uniforme ou comporter des variations d'épaisseur. De même, lorsque des intervalles ou des encoches sont prévu(e)s le nombre et la forme de ceux-ci autour de l'axe de la partie optique peuvent varier. Enfin, la partie optique peut comporter des zones en matériau rigide et d'autres en matériau souple, tout en permettant à la partie optique d'être pliée ou enroulée pour être introduite par une incision de petite taille. On peut adopter pour la zone périphérique de la partie haptique, des configurations autres que le bord périphérique à angle carré ou arête et le bord périphérique constitué par une gouttière.

REVENDECATIONS

1. Lentille intraoculaire accommodative pour sac capsulaire comprenant une partie optique centrale et une partie haptique périphérique la partie optique ayant une position avancée d'accommodation et une position de repos pour la vision de loin, caractérisée en ce que la partie haptique (20, 40, 60) comporte une zone d'expansion radiale (21, 21A, 21B, 21C, 21D, 21F, 41, 61) permettant le déplacement de la partie optique (10, 30, 50) vers la position avancée.

2. Lentille intraoculaire, caractérisée en ce que la zone d'expansion radiale (21, 21A, 21B, 21C, 21D, 21F, 41) comprend un soufflet (22, 22A, 22B, 22C, 22D, 22F, 42).

3. Lentille intraoculaire selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la zone d'expansion radiale (21, 21A, 21B, 21C, 21D, 21F, 41) comporte au moins une ondulation (23, 24, 25, 43, 44).

4. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la zone d'expansion radiale (21, 21B, 41, 61) est sensiblement annulaire s'étendant circonférentiellement autour de la partie optique.

5. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la partie haptique (20C, 20F) comporte deux éléments haptiques (21C, 21F) symétriques et diamétralement opposés.

6. Lentille intraoculaire selon la revendication 5, caractérisée en ce que chaque élément haptique a une étendue circonférentielle à la périphérie de la partie haptique plus grande que l'étendue circonférentielle à la zone de jonction avec la partie optique (10).

7. Lentille intraoculaire selon la revendication 5 ou 6, caractérisée en ce que la partie haptique comporte au moins trois éléments haptiques circonférentiellement espacés les uns des autres.

8. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisée en ce que l'intervalle entre les éléments haptiques a la même étendue circonférentielle.

9. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 3 à 8 caractérisée en ce que la profondeur de l' (ou les) ondulation(s) (23, 24, 25, 43, 44) dans la position avancée est sensiblement réduite ou éliminée.

10. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 et 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une pluralité d'encoches radiales (27A) symétriques s'ouvrant à la périphérie de la partie haptique (20), et en ce que les encoches (27A) traversent partiellement ou totalement l'(ou les) ondulation(s) annulaire(s)

11. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 3 à 10, caractérisée en ce qu'il y a au moins deux ondulations, dont une s'ouvrant antérieurement (23, 43) et l'autre postérieurement (24, 44).

12. Lentille intraoculaire selon la revendication 11, caractérisée en ce que l'ondulation s'ouvrant antérieurement (23, 43) est aménagée à la périphérie (11, 31) de la partie optique (10, 30) et l'ondulation (24, 44) s'ouvrant postérieurement s'étend autour de l'ondulation (23, 43) s'ouvrant antérieurement.

13. Lentille intraoculaire selon la revendication 12, caractérisée en ce que l'ondulation s'ouvrant antérieurement est aménagée à la périphérie de la partie optique et l'ondulation s'ouvrant antérieurement s'étend autour de l'ondulation s'ouvrant postérieurement.

14. Lentille intraoculaire selon la revendication 12 ou 13, caractérisée en ce que les deux ondulations (23, 24, 43, 44) sont sensiblement de forme sinusoïdale en section radiale.

15. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 12, 13 ou 14, caractérisée en ce que, à l'état de repos de la lentille, le fond de l'ondulation (23) s'ouvrant antérieurement est situé postérieurement par rapport à la périphérie de la partie optique (10).

16. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 12, 13 ou 14, caractérisée en ce que le fond de l'ondulation s'ouvrant postérieurement (44) est disposé antérieurement par rapport à la périphérie de la partie optique.

17. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la zone d'expansion radiale (21, 41 61) s'étend à partir de la périphérie de la partie optique (10, 30, 50)

18. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 9 à 15, caractérisée en ce que l'angle d'ouverture de chaque ondulation (23, 24, 25, 43, 44) est entre 50° et 70°.

5 19. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la partie haptique (20, 40, 60) comporte un bord périphérique (26, 26C, 26D, 26F 66) à angles carrés antérieur (27, 27C, 27F, 67) et postérieur (28, 28C, 28F, 68).

10 20. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 et 11 à 19, caractérisée en ce que la partie haptique (20, 40, 60) est circonférentiellement continue sur toute son étendue radiale.

21. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la zone d'expansion radiale (61) est plus souple que le reste de la partie haptique (60).

15 22. Lentille intraoculaire selon la revendication 21, caractérisée en ce que la zone d'expansion radiale (61) est dépourvue d'ondulations.

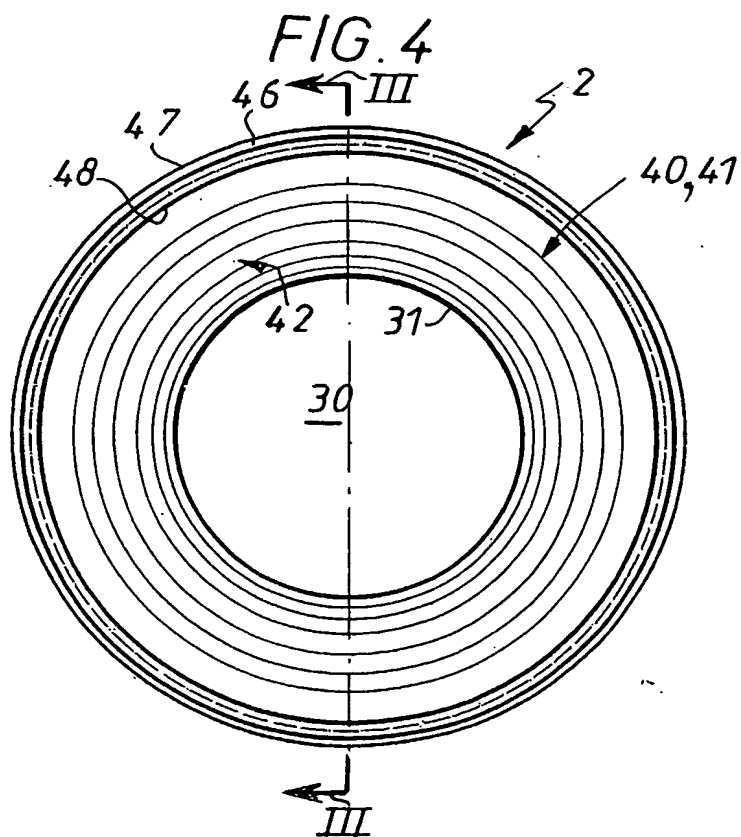
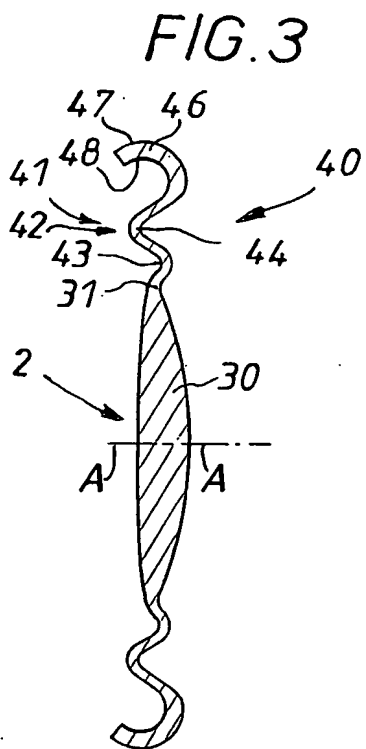
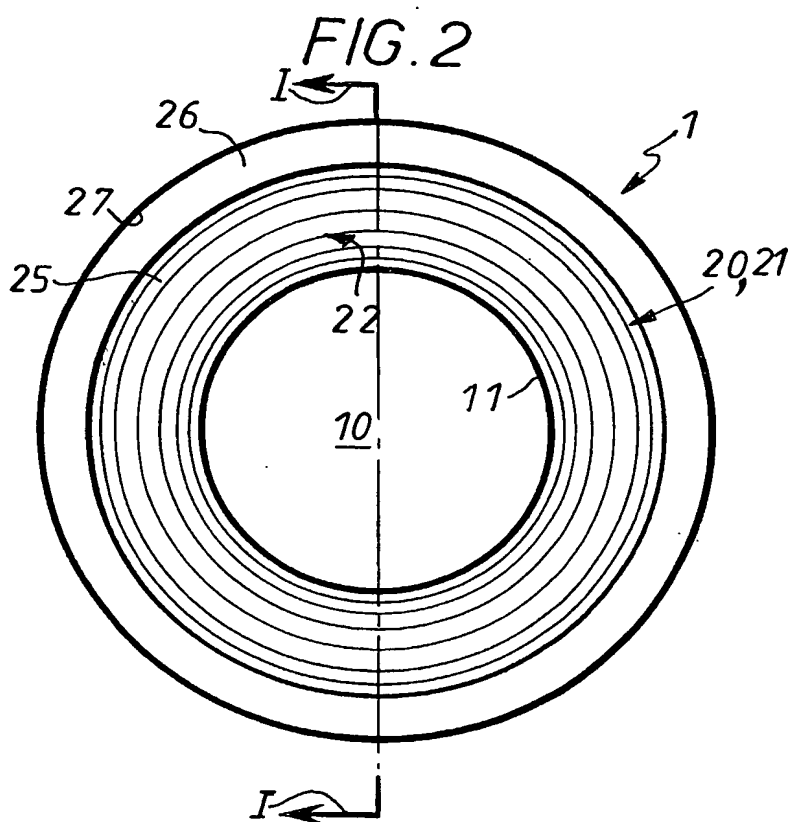
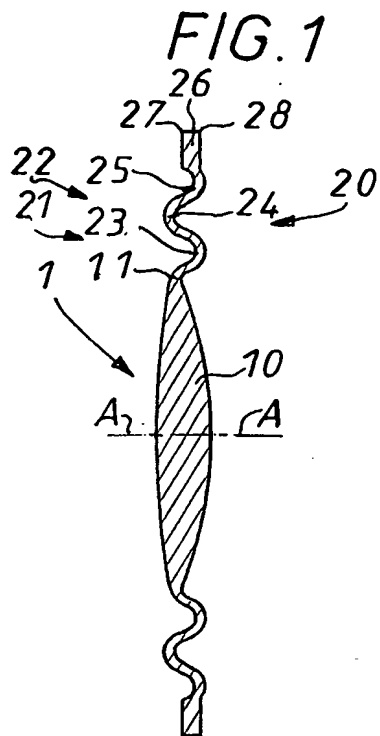
23. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 18 et 20 et 21, caractérisée en ce que la partie haptique (40) comprend une gouttière périphérique (46, 46B) dont la largeur maximale dans le sens axial est entre 0,5 et 1,5 mm

20 24. Lentille intraoculaire selon la revendication 23, caractérisée en ce que sur la surface extérieure de la gouttière périphérique (46B) dans sa zone de plus grand diamètre comporte des saillies ou bossages (49B).

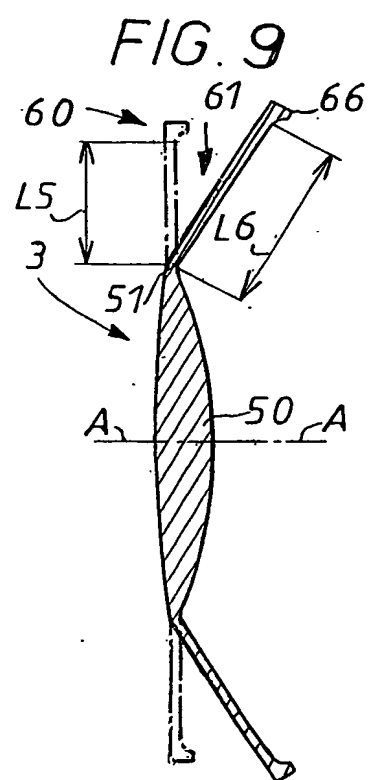
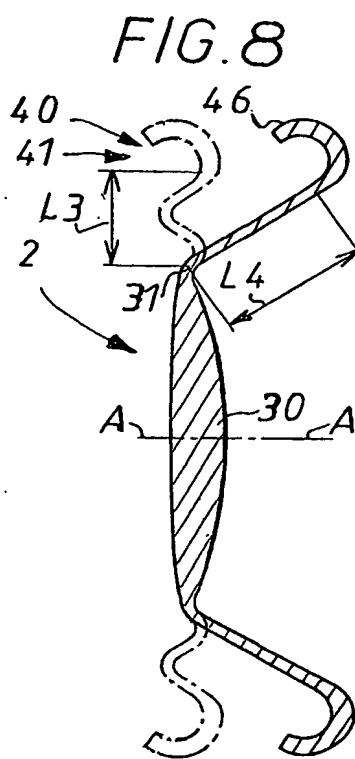
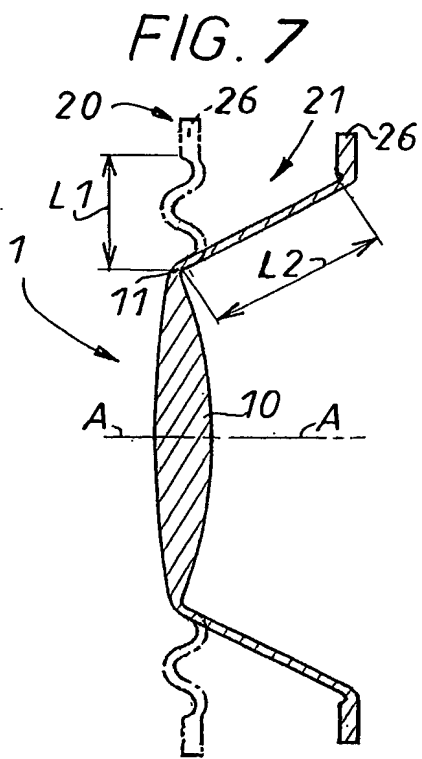
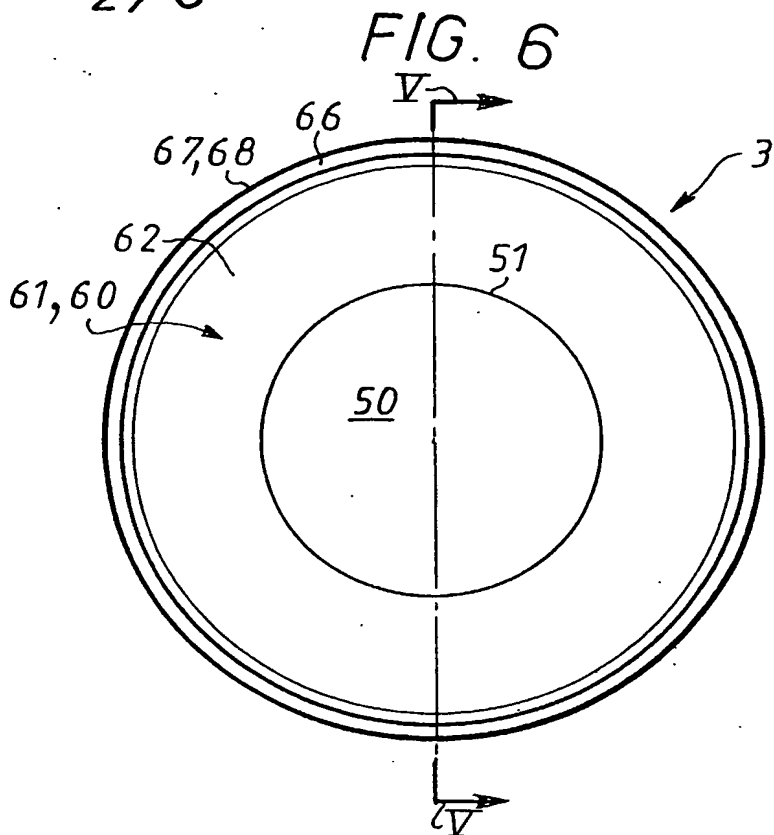
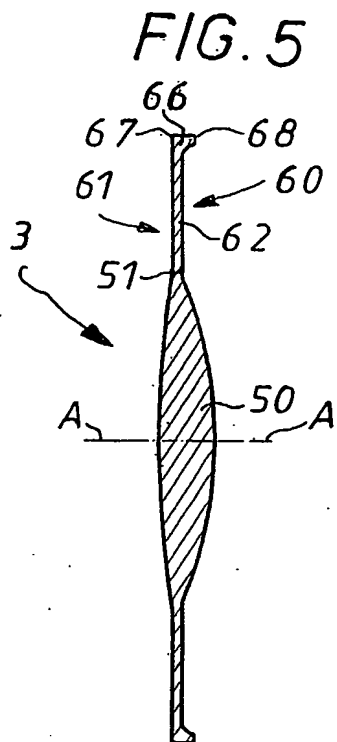
25 25. Lentille intraoculaire selon la revendication 23 ou 24, caractérisée en ce que la gouttière périphérique (46) a une surface externe arrondie dont l'angle au centre est compris entre 90° et 180°.

30 26. Lentille intraoculaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, 9, 11 à 19, 21 et 22, caractérisée en ce que la partie haptique (20) comporte une pluralité de bras radiaux (20D) s'étendant entre le bord périphérique de la partie optique (11D) et le bord périphérique de la partie haptique (26D) et ménageant entre eux des intervalles (29D) à contour fermé.

1/ 5



2/5



3/5

FIG. 10

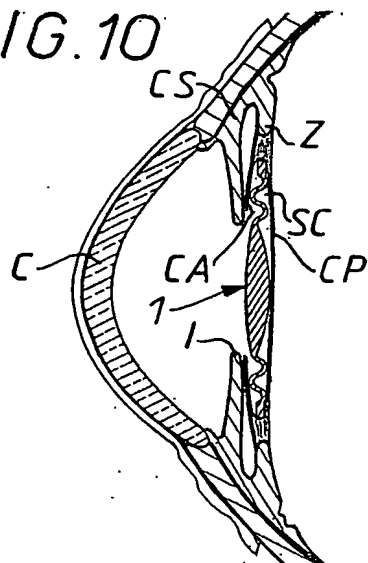


FIG. 11

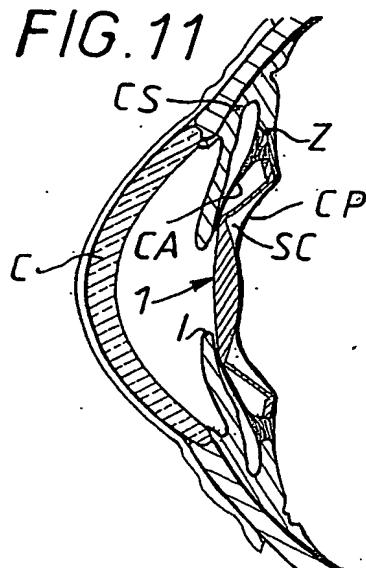


FIG. 12

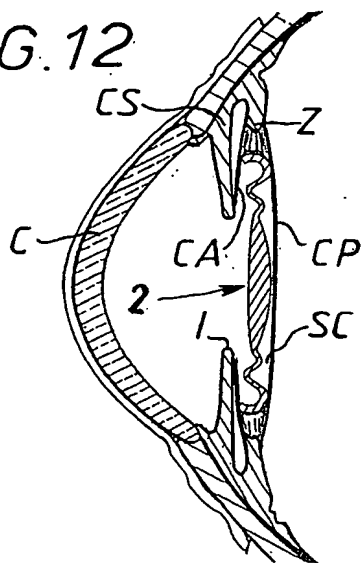


FIG. 13

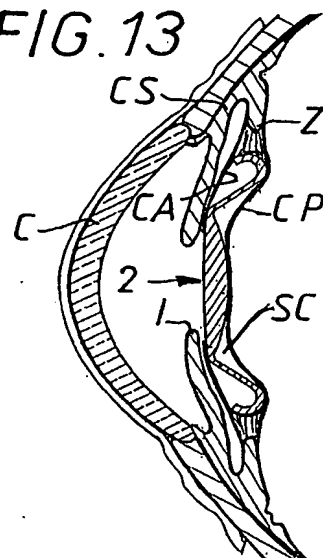


FIG. 14

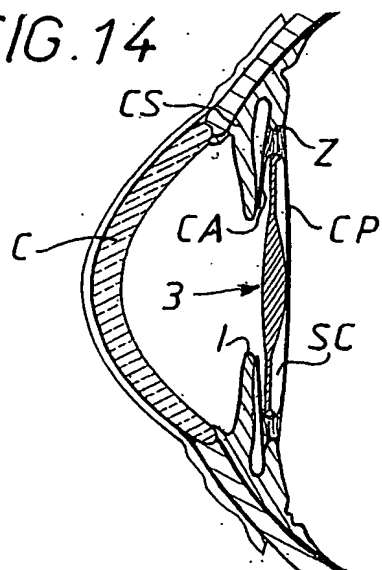
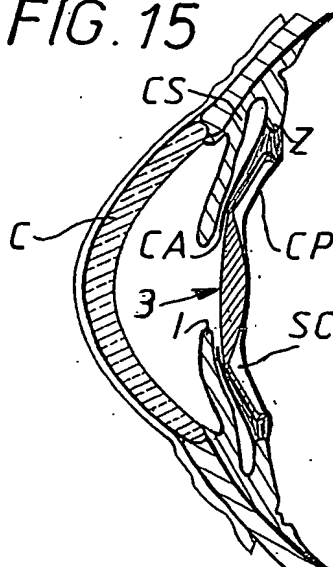


FIG. 15



4/5

FIG. 16

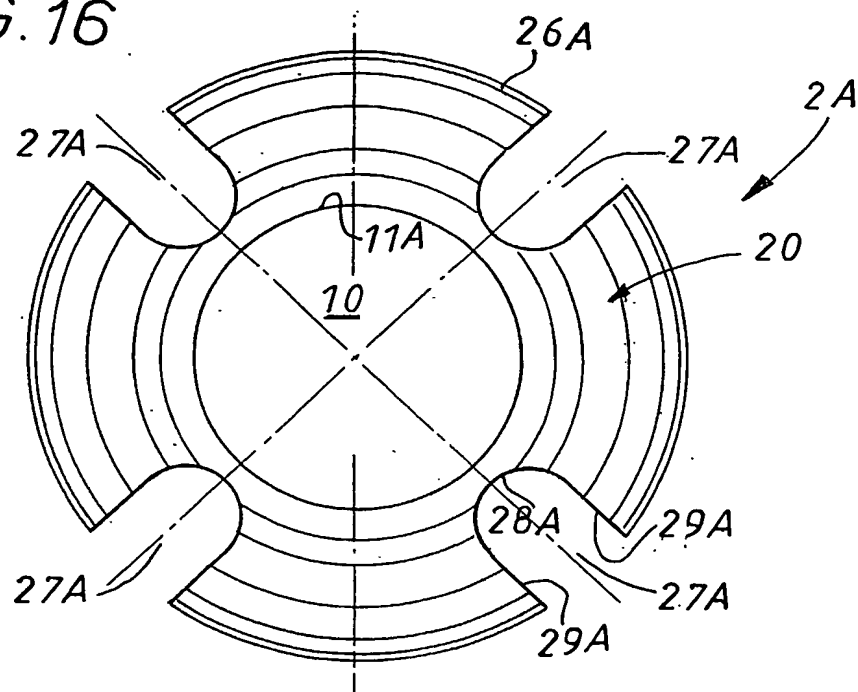


FIG. 17

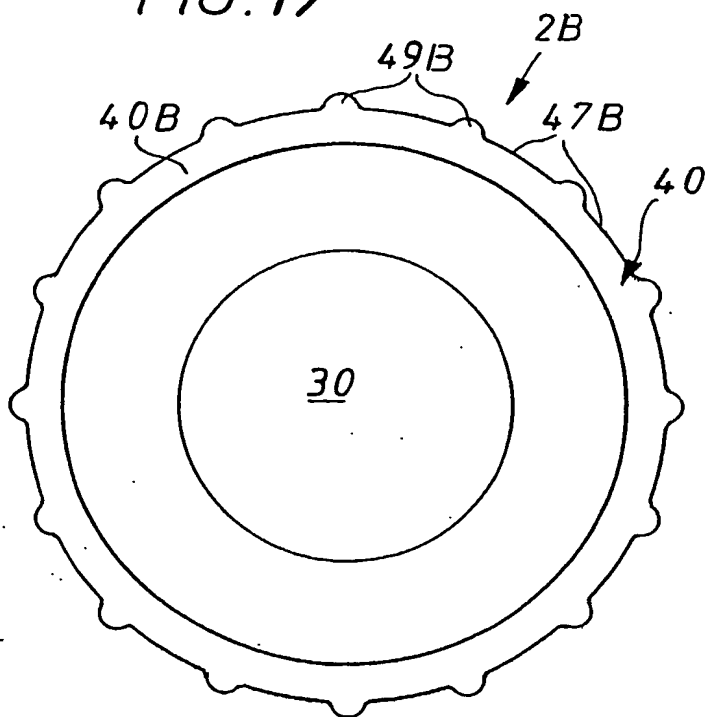
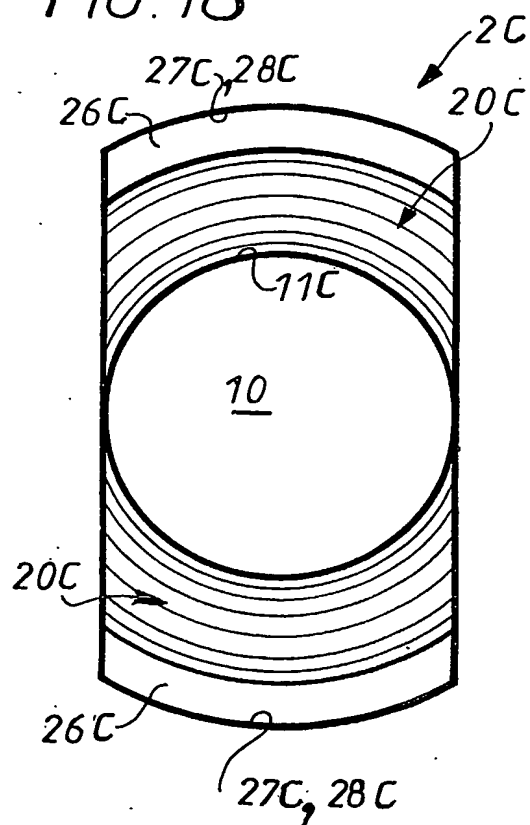


FIG. 18



5/5

FIG. 19

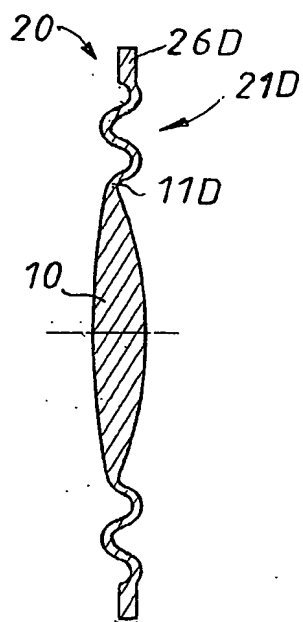


FIG. 20

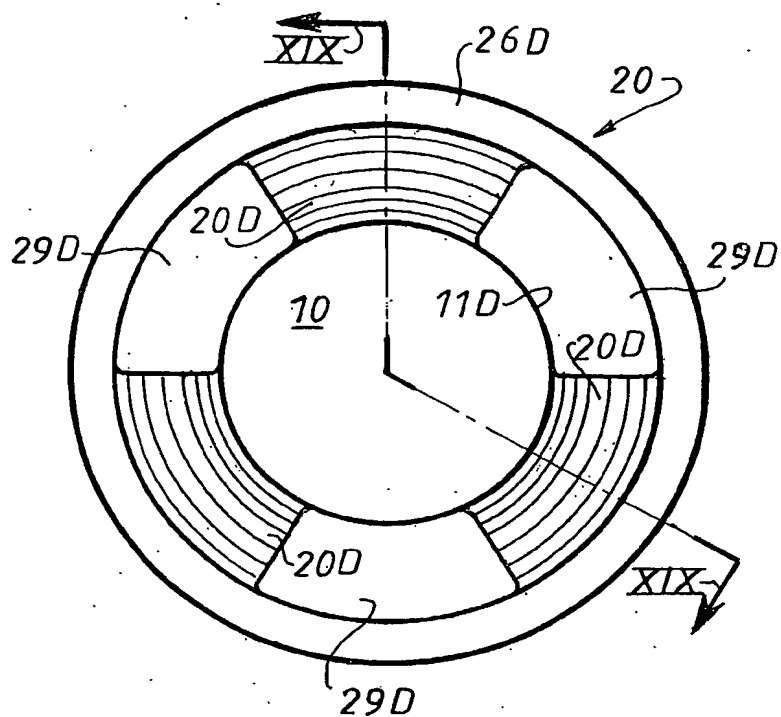


FIG. 21

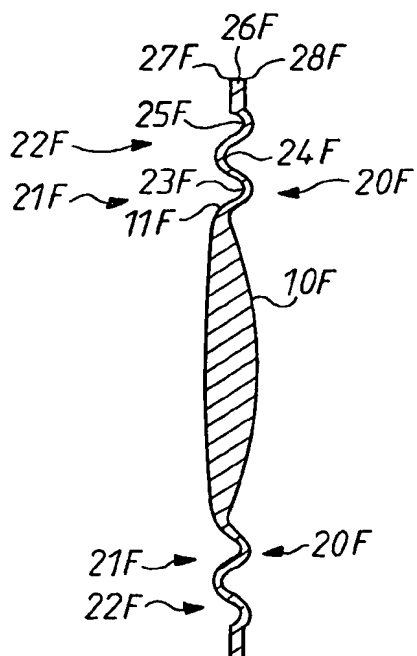


FIG. 22

